



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 06/2007

ESTUDO DE VIABILIDADE DE ROTAS PARA PRODUÇÃO DE ^{124}I

por

Ramos R., Salgado C. M., Furlanetto J. A. D

DEZEMBRO/2007

NOTA
ESTE RELATÓRIO É PARA USO EXCLUSIVO DO INSTITUTO DE
ENGENHARIA NUCLEAR

O direito a utilização de informações relacionadas ao trabalho de pesquisa realizado no IEN é limitado aos servidores da CNEN e pessoal de organizações associadas, nos limites dos termos contratuais que regem os respectivos convênios. O conteúdo dos relatórios não pode ser separado ou copiado sem autorização escrita do IEN.



Título: ESTUDO DE VIABILIDADE DE ROTAS PARA PRODUÇÃO DE ^{124}I				
Autor(es): Ramos R., Salgado C. M., Furlanetto J. A. D.,				e-mail: robson@ien.gov.br
Identificação:	Nº de páginas: 5	Tipo de Divulgação: Irrestrita (x) Restrita ()	Divulgar para:	Localização:
Publicação externa associada (congresso/periódico):				
Palavras chave: radioisótopos, ^{124}I				
Resumo Este relatório visa pesquisar as reações de produção do ^{124}I utilizando o Sb (^3He e α) ou Te (próton e dêuteron) como alvos a fim de escolher uma rota para implementação de uma metodologia de irradiação e processamento químico do ^{124}I utilizando o Cíclotron CV-28 do Instituto de Engenharia Nuclear, considerando o compromisso com o rendimento e com as impurezas do processo, custo de produção, além de manter o índice de confiabilidade atual obtido na produção do ^{123}I e ^{18}F .				
Abstract:				
Emissão		Nome	Rubrica	Data
Data:	Elaboração:	Ramos R., Salgado C. M., Furlanetto J. A. D		
Divisão:	Revisão:	Miguel Ângelo V. Bastos		
Serviço:	Aprovação :	Furlanetto J. A. D		
Instituto de Engenharia Nuclear: Via 5 s/n, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CEP 21945-970, CP 68.550, Rio de Janeiro – RJ - Brasil . Tel.: 00 55 21 2209-8080 Internet: www.ien.gov.br				

1. INTRODUÇÃO

Radioisótopos produzidos em Cíclotron e seus correspondentes radiofármacos têm-se mostrado extremamente valiosos na pesquisa médica básica, diagnóstico de doenças e tratamento radioterápico. Alguns destes radiofármacos são emissores de pósitrons de meia-vida curta: ^{15}O , ^{13}N , ^{11}C e ^{18}F e de meia-vida longa: ^{64}Cu , ^{66}Ga , ^{86}Y , ^{76}Br e ^{124}I . Um importante radionuclídeo emissor de pósitron ^{124}I ($T_{1/2} = 4,18$ dias; $E_{\beta^+} = 2,13$ MeV; $I_{\beta^+} = 25\%$) tem-se mostrado promissor, visto que pode ser usado tanto como terapêutico, como em diagnóstico no estudo de metabolismos lentos, tal como: detecção de tumor cerebral recente via “Positron Emission Tomography” (PET), além do fato que sua meia-vida permite o envio deste radiofármaco para todo território nacional.

1.1. Alvos de Antimônio (Sb)

O ^{124}I pode ser produzido pela irradiação de antimônio (^{121}Sb) enriquecido ou natural com partículas α ou ^3He (CALBOREANU et al., 1982; ISMAIL 1989, 1990; SINGH et al., 1997; BHARDWAJ et al., 1994; WATSON et al., 1973; HOMMA e MURAKAMI, 1976; HASSAN et al., 2006). Entretanto, todos os estudos relatados foram alcançados no contexto dos mecanismos de reação ou produção de ^{123}I .

Funções de excitação de $^{nat}\text{Sb}(\alpha, xn)^{124}\text{I}$ e $^{121}\text{Sb}(\alpha, xn)^{124}\text{I}$ foram medidas a partir de seus respectivos limites até 26 MeV em um Cíclotron CV-28 visando a produção de ^{124}I , (HASSAN et al., 2006). Para a reação $^{121}\text{Sb}(\alpha, xn)^{124}\text{I}$, estão com boa concordância quanto à forma com todos dados publicados e quanto à magnitude, concordam mais com ISMAIL (1989,1990) e BHARDWAJ et al. (1994).

A partir dos dados medidos pode-se deduzir que o ^{nat}Sb como material alvo não é adequado para produção de alto rendimento e de boa qualidade de ^{124}I (HASSAN et al., 2006), visto que apresenta altos níveis de impurezas de ^{125}I e ^{126}I . De outra forma, a produção de ^{124}I usando a reação $^{121}\text{Sb}(\alpha, n)^{124}\text{I}$ pode ser alcançada na faixa de energia $E_{\alpha} = 22 \rightarrow 13$ MeV apresentando alta pureza ($^{123}\text{I} < 4\%$, ^{125}I e $^{126}\text{I} < 0,2\%$), para alvos com enriquecimento elevado ($>99\%$) e para um tempo de decaimento em torno de 5 dias reservados antes da aplicação. Numa irradiação de 10h em $10\mu\text{A}$, o rendimento seria de 92 MBq (2,5 mCi) 5 dias após o final do bombardeamento o qual é aproximadamente duas vezes maior que ^{nat}Sb o rendimento deste processo, entretanto, é também baixo (HASSAN et al., 2006; BASTIAN, 2001).

1.2. Alvo de Telúrio

O radionuclídeo ^{124}I é freqüentemente produzido em quantidades de MBq via a reação $^{124}\text{Te}(d, 2n)^{124}\text{I}$ (SHARMA et al., 1988; LAMBRECHT et al., 1988; FIROUZBAKHT et al., 1993, 1994;

WEINREICH e KNUST, 1996; KNUST et al., 2000), porém, o nível de impurezas no final do bombardeamento, apresenta quantidades de 1.7% de ^{125}I ($E_d = 14 \rightarrow 10$ MeV) (BASTIAN et al., 2001).

A reação $^{124}\text{Te}(p, n)^{124}\text{I}$ também tem sido muito utilizada ultimamente (SCHOLTEN et al., 1995; QAIM et al., 1996, 2000, 2003; CCARTHY et al., 2000; BROWN et al., 2000; SHEH et al., 2000; GLASER et al., 2004).

Recentemente medidas de seções de choque têm sido publicadas para a reação $^{125}\text{Te}(p, 2n)^{124}\text{I}$ na faixa de energia $E_p = 21 \rightarrow 15$ MeV (HOHN et al., 2001) e fornece aproximadamente 4 vezes mais o rendimento dos outros dois processos, tendo como rendimento 81 MBq/ $\mu\text{A.h}$ (2,2 mCi) e o nível de impureza de longa meia-vida de ^{125}I ($T_{1/2} = 59,4$ d) de 0,9% ainda é considerado alto (BASTIAN et. al., 2001). As amostras de 25 μm de espessura de ^{125}Te enriquecido a 98,3 foram preparadas por deposição eletrolítica sobre uma base de Ti (SCHOLTEN, et. al., 1995).

A comparação entre as três rotas de produção citadas revelou que o processo $^{124}\text{Te}(p, n)^{124}\text{I}$ conduz a maior pureza de ^{124}I (BASTIAN et. al., 2001). A produção de ^{124}I foi feita usando 200 mg/ cm^2 , alvos de $^{124}\text{TeO}_2$ enriquecido a 99,8% sob uma base de Pt, um feixe de próton de 16 MeV com intensidade de $10\mu\text{A}$ em 8 h. O rendimento médio de ^{124}I no final do bombardeamento foi de 470 MBq (12,7 mCi) e em torno de 70 h após o bombardeamento os níveis de impurezas foram negligenciados $^{126}\text{I} < 0,0001\%$; $^{125}\text{I} < 0,01\%$ (QAIM et al., 2003).

Para efeito de comparação geral, pode-se apontar que devido aos baixos rendimentos das reações induzidas com partículas ^3He e α sobre antimônio natural ou enriquecido não podem competir com o processo $^{124}\text{Te}(p, n)^{124}\text{I}$ comumente usado atualmente (QAIM et al., 2003), porém esta rota apresenta elevado custo de material do alvo, mesmo com procedimento de purificação para recuperação do óxido de telúrio, e desvantagens de propriedades térmicas tais como: ponto de fusão, condutibilidade e pressão de vapor em relação ao Sb, fatores que limitam a potência do feixe (NICKLES, 2003).

DISCUSSÕES

A rota de produção de ^{124}I via Te/prótons além de apresentar maior rendimento e nível de pureza conforme mencionado é a mais adequada para o estado atual do Cíclotron CV-28 do IEN por estar este totalmente otimizado para a produção de ^{123}I via Xe (aceleração de prótons de 24 MeV) e mais recentemente a produção de ^{18}F (prótons de 18 MeV, por degradação de energia) com índice de confiabilidade, nos últimos anos, em torno de 99%.

A reconfiguração do Cíclotron CV-28 para a aceleração de alfas de 28 MeV ou dêuterons de 14 MeV para produção de ^{124}I utilizando a rota $^{121}\text{Sb}(\alpha, \text{xn})^{124}\text{I}$, apresenta algumas desvantagens, tais como:

- Mudanças constantes na magnetização do imã principal e na frequência de aceleração ocasionando reajustes na ótica interna do acelerador, além da necessidade de alterar o modo de funcionamento da fonte de íons.
- A fonte de íons, atualmente, está otimizada para a aceleração de prótons proporcionando uma vida útil dos cátodos de cerca de 200 horas. Caso a fonte de íons seja otimizada para prótons/alfas/ dêuterons, a vida útil dos cátodos seria reduzida para cerca de 30 horas. A sua substituição é uma tarefa demorada e complicada, além de ocasionar aumento de doses nos trabalhadores.
- Ressalta-se também que o funcionamento do Cíclotron para aceleração de alfas/dêuterons aumenta o consumo de energia elétrica em cerca de 70%.

Estas alterações no modo de funcionamento do CV-28 farão, certamente, com que o seu índice de confiabilidade retorne aos mesmos das décadas de 70 e 80, cerca de 50%, inviabilizando a produção rotineira de radiofármacos.

REFERÊNCIAS

- Bastian, Th., Coenen, H.H., Qaim, S.M., 2001. Excitation functions of $^{124}\text{Te}(\text{d}, \text{xn})^{124,125}\text{I}$ reactions from threshold up to 14 MeV: comparative evaluation of nuclear routes for the production of ^{124}I . *Applied Radiation Isotopes* 55, 303.
- Bhardwaj, M.K., Rizvi, I.A., Chaubey, A.K., 1994. Alpha-induced reactions in antimony. *Int. J. Mod. Phys. E* 3, 239.
- Brown, D.J., McKay, D.B., Coleman, J., Luthra, S.K., Brady, F., Waters, S.L., Pike, V.W., 2000. A facility for the safe recovery of high activities of iodine-124 produced by the $^{124}\text{Te}(\text{p}, \text{n})^{124}\text{I}$ reaction. In: McCarthy, T.J. (Ed.), *Proceedings of the Eighth International Workshop on Targetry and Target Chemistry*. St. Louis, USA June 1999, p. 134.
- Calboreanu, A., Pencea, C., Salagean, O., 1982. The effect of gamma de-excitation on the (α, n) and $(\alpha, 2\text{n})$ reactions on gold and antimony. *Nucl. Phys. A* 383, 251.
- Firouzbakht, M.L., Schlyer, D.J., Wolf, A.P., 1994. The yield of ^{124}I from different target materials in the $^{124}\text{Te}(\text{d}, 2\text{n})^{124}\text{I}$ reaction and an improved recovery method for ^{124}Te . *J. Lab. Compound Radiopharm.* 35, 257.
- Glaser, M., MacKay, D.B., Ranicar, A.S.O., Waters, S.L., Brady, F., Luthra, S.K., 2004. Improved targetry and production of iodine-124 for PET studies. *Radiochim. Acta* 92, 951.
- Hassan, K. F., Qaim, S. M. Saleh, Z. A., Coenen, H. H., 2006. Alpha-particle induced reactions on ^{nat}Sb and ^{121}Sb with particular reference to the production of the medically interesting radionuclide ^{124}I . *Applied Radiation and Isotopes*. 64, 101-109.
- Hohn, A., Nortier, F.M., Scholten, B., van der Walt, T.N., Coenen, H.H., Qaim, S.M., 2001. Excitation functions of $^{125}\text{Te}(\text{p}, \text{xn})$ -reactions from their respective thresholds up to 100MeV with special reference to the production of ^{124}I . *Appl. Radiat. Isot.* 55, 149.
- Homma, Y., Murakami, Y., 1976. Production of ^{123}I by bombarding an antimony target with α - and ^3He -particles. *Radioisotopes (Tokyo)*, in Japanese 25, 315.
- Ismail, M., 1989. Hybrid model analysis of the excitation function for alpha-induced reaction on ^{121}Sb and ^{123}Sb . *Pramana J. Phys.* 32, 605.
- Knust, E.J., Dutschka, K., Weinreich, R., 2000. Preparation of ^{124}I solutions after thermodistillation of irradiated $^{124}\text{TeO}_2$ targets. *Applied Radiation Isotopes* 52, 181.
- Lambrech, R.M., Sajjad, M., Qureshi, M.A., Al-Yanbawi, S.J., 1988. Production of ^{124}I . *J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett.* 127, 143.
- McCarthy, T.J., Laforest, R., Downer, J.B., Lo, A.R., Margenau, W.H., Hughey, B., Shefer, R.E., Klinkowskein, R.E., Welch, M.J., 2000. Investigation of I-124, Br-76 and Br-77 production using a small biomedical cyclotron can induction furnaces help in the preparation and separation of targets In:

McCarthy, T.J. (Ed.), Proceedings of the Eighth

International Workshop on Targetry and Target

Chemistry. St. Louis, USA June 1999, p. 127.

Nickles, R. J., 2003. The production of a broader

palette of PET tracers. Journal of Labelled Compound

and Radiopharmaceuticals. 46, 1-27

Qaim, S. M., Hohn, A., Bastian, Th., El-Azozy, K. M., Blessing, G., Spellerberg, S., Scholten, B., Coenem, H. H., 2003. Some optimization studies relevant to the production of high-purity ^{124}I and $^{120\text{g}}\text{I}$ at a small-sized cyclotron. Applied Radiation Isotopes 58, 69.

Qaim, S.M., Blessing, G., Tárkányi, F., Lavi, N., Bräutigam, W., Scholten, B., Stöcklin, G., 1996. Production of longer lived positron emitters ^{73}Se , $^{82\text{m}}\text{Rb}$ and ^{124}I : In: Cornell, J.C.

Scholten, B., Kovács, Z., Tárkányi, F., Qaim, S.M., 1995. Excitation functions of $^{124}\text{Te}(p,xn)^{124,123}\text{I}$ reactions from 6 to 31 MeV with special reference to the production of ^{124}I at a small cyclotron. Applied Radiation Isotopes. 46, 255.

Sharma, H.L., Zweit, J., Downey, S., Smith, A.M., Smith, A.G., 1988. Production of ^{124}I for positron emission tomography. J. Label. Compound. Radiopharm. 26, 165

Sheh, Y., Koziorowski, J., Balatoni, J., Lom, C., Dahl, J.R., Finn, R.D., 2000. Low energy cyclotron production and chemical separation of no-carrier-added iodine-124 from a reusable, enriched tellurium-124 dioxide/aluminum oxide solid solution target. Radiochim. Acta 88, 169.

Singh, N.L., Shah, D.J., Mukherjee, S., Chintalapudi, S.N., 1997. Excitation functions for alpha-particle induced reactions with natural antimony. Il Nuovo Cimento A 110, 693.

Watson, I. A., Waters, S.L., Silvester, D.J., 1973. Excitation functions for the reactions producing ^{121}I , ^{123}I and ^{124}I from irradiation of natural antimony with ^3He - and ^4He - particles with energy up to 30 MeV. J. Inorg. Nucl.Chem. 35, 3047.

Weinreich, R., Knust, E.J., 1996. Quality assurance of ^{124}I produced via the nuclear reaction $^{124}\text{Te}(d,2n)^{124}\text{I}$. J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett. 213, 253.